

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷ (11) 공개번호 특2001-0064014
H02M 7/217 (43) 공개일자 2001년07월09일

(21) 출원번호 10-1999-0062128
(22) 출원일자 1999년12월24일
(71) 출원인 포항종합제철 주식회사
경북 포항시 남구 괴동 1번지
(72) 발명자 임지우
경상북도포항시남구동촌동5번지포항제철소내
(74) 대리인 손원, 전준향

심사청구 : 없음

(54) 3상 펄스폭변조 정류장치 및 방법

요약

본 발명은 별도의 입력전압검출기를 필요하지 않고 입력전압의 주파수 및 위상을 예측하여, 주전력회로의 정확한 스위칭제어를 할 수 있는 3상 펄스폭변조 정류장치 및 방법에 관한 것으로서, 3상 교류전원으로부터 입력된 입력전류(ia, ib, ic)를 소정 직류전압으로 정류하는 주전력회로의 직류전압을 제어하는 3상 펄스폭변조정류방법은 입력상전류를 임의의 동기좌표(d,q)로 변환하여 정류기 입력전압(Δv_d ,

Δv_q)을 산출하고 상기 입력전압(Δv_d , Δv_q) 및 검출된 직류전압(E)를 $\Delta \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta v_q}{E + \Delta v_d}$ 로 연산하여, 임의 동기좌표와 실제 동기좌표(d, q)와의 오차각($\Delta \theta$)을 구하고, 이를 적분하여 입력위상을 추적하고, 이렇게 추적된 위상을 이용하여 동기좌표변환 및 공간벡터변조를 행하여 주전력회로의 스위칭신호(약전신호)를 제공함으로써, 별도의 입력전압검출수단이 불필요하게 된다.

대표도

도2

색인어

인버터, 컨버터, 3상 교류전원, 단위역률, 위상추적.

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 3상 정류기의 주전력회로도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 3상 정류장치를 도시한 블럭구성도이다.
- 도 3a는 도2의 직류전압/입력전류검출부의 일실시예를 보인 회로도이다.
- 도 3b는 도2의 스위치구동부의 일실시예를 보인 회로도이다.
- 도 3c는 도2의 제어부의 구성을 보인 상세구성도이다.
- 도 3d는 도2의 전원공급부를 도시한 상세회로도이다.
- 도 4는 상기 제어부의 제어흐름을 보인 개념도이다.
- 도 5는 종래 정류장치에서의 제어흐름을 도시한 개념도이다.
- 도 6은 정지 및 동기 좌표변환을 표시한 벡터도이다.
- 도 7은 동기좌표계에서의 실위상과 계산된 위상을 표시한 벡터도이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 정류방법을 도시한 플로우차트이다.
- 도 9는 인터럽트루틴의 개념도이다.
- 도 10은 본 발명에 따라서 단위역률로 제어된 정류기의 실행파형도이다.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

e_a, e_b, e_c : 전원단의 순시상전압

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 3상 교류(AC) 전원의 정류회로에 관한 것으로, 보다 상세하게는 별도의 입력전압검출기를 필요하지 않고 입력전압의 주파수 및 위상을 예측하여, 주전력회로의 정확한 스위칭제어를 할 수 있는 3상 펄스폭변조 정류장치 및 방법에 관한 것이다.

상기 3상 교류전원의 정류장치는 교류전동기 인버터의 컨버터 및 커먼컨버터(common converter), 3상 무정전 전원장치의 고역률 정류회로, 전기자동차의 고효율, 고역률 충전장치 등에 이용이 가능한 것으로서, 근래에 들어, 마이크로 프로세서의 기술 및 반도체 스위칭소자의 발전에 힘입어 AC/DC 정류회로가 싸이리스터를 사용한 저효율, 고(高) 고조파의 정류회로에서 파워트랜지스터(TR), 절연게이트 바이폴라 트랜지스터(IGBT)소자를 이용한 고역률 및 저(低) 고조파의 펄스폭변조(PWM) 컨버터로 발전하고 있다.

그런데, 아직까지 상기 파워트랜지스터(TR), 절연게이트 바이폴라 트랜지스터(IGBT)소자를 이용한 PWM 컨버터에도 다음과 같은 단점을 가지고 있다.

첫째로, 고역률을 위하여 라인전류를 전압의 위상에 맞게 그 크기 및 각도를 제어하여야 함으로서, 필수적으로 라인전압을 검출하고 전압의 위상을 계산하는 제어가 추가되어야 하는데, 이것은 고전압의 라인전압을 검출하는 경우 절연문제, 센서등의 추가로 인해 내구성에 대한 문제 및 가격이 비싸지는 문제점이 있다.

그리고, 두번째로, 기본적으로 인버터와 컨버터는 입력전압 검출부위를 제외하면 하드웨어적으로는 차이가 없는데, 상기와 같은 입력전압의 검출부위가 달라짐으로 인하여, 인버터를 컨버터로 활용하기 어렵다는 문제점이 있다.

또한, 세번째로, 입력라인전압을 검출하여 동기기준으로 사용할 경우, 입력전압에 고조파와 같은 성분이 함유되면 입력라인의 전압검출값이 틀려져 큰 사고를 유발시킬 수 있다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위하여 발명된 것으로서, 그 목적은 별도의 입력전압검출기를 필요하지 않고 입력전압의 주파수 및 위상을 예측하여, 주전력회로의 정확한 스위칭제어를 할 수 있는 3상 펄스폭변조 정류장치 및 방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 구성수단으로서, 본 발명에 의한 3상 펄스폭 변조 정류장치는 교류대 직류 변환의 강전을 수행하는 주전력회로와, 상기 주전력회로의 입력전류, 직류전압을 검출하여 설정된 범위의 전압신호로 변환하여 인가하는 직류전압/입력전류검출부와, 입력상전류를 임의의 동기좌표(d,q)로 변환하여 정류기 입력전압(Δv_d , Δv_q)을 산출하고 상기 입력전압(Δv_d , Δv_q) 및 검출된 직

$$\Delta \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta v_q}{E + \Delta v_d}$$

류전압(E)를 구하고, 이를 적분하여 구해진 위상각으로 동기좌표변환 및 공간벡터변조를 행하여 주전력회로의 스위칭신호(약전신호)를 만들어 직류전압을 제어하는 제어부와, 상기 제어부에서 만들어진 약전스위칭신호를 절연 증폭시켜 주전력회로의 전력스위칭소자를 구동시키는 스위치구동부와, 상기 각 장치에 전원을 공급하는 전원공급부로 구성되는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 또 다른 수단으로서, 3상 교류전원으로부터 입력된 입력전류(i_a , i_b , i_c)를 소정 직류전압으로 정류하는 주전력회로의 직류전압을 제어하는 3상 펄스폭변조 정류방법은 입력상전류를 임의의 동기좌표(d,q)로 변환하여 정류기 입력전압(Δv_d , Δv_q)을 산출하고 상기 입력전압(Δv_d , Δv_q) 및 검출된

$$\Delta \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta v_q}{E + \Delta v_d}$$

직류전압(E)를 구하고, 이를 적분하여 입력위상을 추적하고, 이렇게 추적된 위상을 이용하여 동기좌표변환 및 공간벡터변조를 행하여 주전력회로의 스위칭신호(약전신호)를 만드는 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 3상 펄스폭변조(이하, PWM이라 한다) 정류장치 및 방법의 구성 및 작용을 상세하게 설명한다.

도 2는 본 발명에 따른 3상 PWM 정류장치를 도시한 개략구성도로서, 교류대 직류 변환의 강전을 수행하는 주전력회로(10)와, 상기 주전력회로(10)의 입력전류, 직류전압을 검출하여 설정된 범위의 전압신호로 변환하여 인가하는 직류전압/입력전류검출부(20)와, 상기 직류전압/입력전류검출부(20)로부터 입력된 입력상전류값과 직류전압값을 받아들여 주전력회로의 스위칭신호(약전신호)를 만들고 동기전원을 관측하여 직류전압을 제어하는 제어부(20)와, 상기 제어부(20)에서 만들어진 약전스위칭신호를 절연 증폭시켜 주전력회로(10)의 전력스위칭소자를 구동시키는 스위치구동부(40)와, 상기 각 장치에 전원을 공급하는 전원공급부(50)로 이루어진다.

그리고, 상기에서, 주전력회로는 도시된 바와 같이, 교류입력상전압(e_a , e_b , e_c)(100)과, 역률제어를 위한 입력전류(i_a , i_b , i_c)(111)와, 입력전압을 적분하여 스위치 온시간동안 마그네틱 에너지로 저장하여 스위치오프시간동안 직류전압 콘텐스에 전달하고 고조파를 감소하기 위한 교류리액터(112)와, 상기 교류

입력전류를 검출하기 위한 전류검출기(113)와, 스위칭동작하여 전류제어하는 반도체스위치(114)와, 출력단의 직류부하(115)로 구성되어 있다. 상기에서 본 발명에서는 반도체스위치(114)로서 IGBT소자를 사용하였으나, 경우에 따라서 파워트랜지스터나 MOSFET, GTO등도 사용할 수 있다.

그리고, 상기 직류전압/입력전류검출부(20)는 도 3a에 도시된 바와 같이 구성될 수 있는데, 도시된 바와 같이, 상기 주전력회로(10)의 부하(115)로 인가되는 직류전압(BN, BP)의 차이를 상기 제어부(30)의 입력가능범위내로 감압하는 차등증폭회로(21)와, 상기 주전력회로(10)의 전류검출기(113)로부터 검출되어 출력되는 검출전류(i_{sa} , i_{sb} , i_{sc})를 전압신호(-3.3V~3.3V)로 변환한 후 소정 레벨을 오프셋으로 갖는 전압신호(0.85V~4.15V)로서 출력하는 입력회로부들(22~24)과, 외부의 스위치신호(0FF)를 제어부(30)에 입력하기 위한 노이즈필터(25)로 이루어진다.

그리고, 상기 제어부(30)는 도 3b에 도시된 바와 같이, 상기 직류전압/입력전류검출부(20)로부터 입력되는 전류, 직류전압 검출신호를 처리하는 신호처리기(32)와, 검출된 신호에 대한 처리프로그램이 저장된 롬(33)과, 상기 롬(33)에 저장된 처리프로그램에 따라서 동작하여 상기 신호처리기(32)로 입력된 신호를 처리하여 스위치구동부(40)를 제어하기 위한 제어연산하는 마이크로프로세서(31)와, 상기 마이크로프로세서(31)의 연산결과를 외부 리셋신호와 논리곱하여 출력하는 출력부(34)로 이루어진다.

그리고, 상기 스위치구동부(40)는 상기 제어부(30)로부터 인가되는 각 스위칭소자의 게이트제어신호에 따라 각 스위칭소자를 구동시키기 위하여 도 3c에 도시된 바와 같이, 상기 제어부(30)의 출력부(34)로부터 출력되는 제어신호(Q1~Q6)를 각각 입력받는 다수의 제1버퍼(41)와, 상기 다수의 제1버퍼(41)의 출력신호에 포함된 노이즈를 제거하는 다수의 필터(42)와, 상기 필터(42)를 통과한 제어신호를 입력받는 다수의 제2버퍼(43)와, 상기 다수의 제2버퍼(43)로부터 인가되는 제어신호를 상기 주전력회로(10)의 각 스위치에 인가하는 다수의 포토커플러(44)로 이루어진다.

또한, 상기 전원공급부(50)는 도 3d에 도시된 바와 같이, 상용교류전원(220V)을 제어부(30)에 인가할 직류전원(+15V, -15V)으로 변환하는 전원회로(51) 및 스위치구동부(40)에 절연전원을 입력하기 위한 다수의 전원회로(52~55)로 이루어진다.

이하, 본 발명에 따른 정류동작을 설명한다.

3상 동기정류기는 도 1에 도시된 바와 같이, 6개의 전력스위칭소자를 구비하고, 부드러운 역행과 회생을 할 수 있도록 하는 것으로, 단위역률제어도 가능할 뿐만 아니라, 진상 또는 지상제어도 가능한 것이다. 그리고, 상기에서, 리액터(112)의 인덕턴스 L는 정류시 리플을 감소시킨다. 따라서, 고조파를 감소시키는 역할과 함께 승압정류기로서의 기능이 가능하도록 에너지를 저장하는 역할도 한다.

이를 위하여, 상기 제어부(30)의 동작원리를 수식으로 설명한다.

먼저, 상기 교류전원(110)로부터 출력되는 입력전압파형을 나타내는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} e_a &= E \cos(\omega t) \\ e_b &= E \cos(\omega t - 120^\circ) \\ e_c &= E \cos(\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$

상기에서, E는 상전압의 피크치이고, ω 는 입력전압의 각속도이다. 이를 상기 도시된 주전력회로(10)에 나타나는 전압방정식으로 풀면 다음의 수학적 2와 같이 된다.

$$\begin{aligned} e_a &= L di_a/dt + v_a \\ e_b &= L di_b/dt + v_b \\ e_c &= L di_c/dt + v_c \end{aligned}$$

상기에서, i_a , i_b , i_c 는 입력전류이고, v_a , v_b , v_c 는 동기정류기의 입력전압이다. 상기 수학적 2를 정지좌표(x-y)계로 변환하면 다음의 수학적 3과 같이 되고, 이를 다시 동기좌표계(d-q)로 나타내면 수학적 4와 같이 된다.

$$\begin{aligned} e_x &= L di_x/dt + v_x \\ e_y &= L di_y/dt + v_y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_d &= L di_d/dt - \omega Li_q + v_d \\ e_q &= L di_q/dt + \omega Li_d + v_q \end{aligned}$$

이 변환좌표는 도 6에 그림으로 나타내며, 입력전압은 정지좌표에서는 $e_x = E \cos(\omega t)$, $e_y = E \sin(\omega t)$ 로 표현되고, 동기좌표계에서는 $e_d = E$, $e_q = 0$ 로 표현된다.

그러면, 단위역률을 위하여 $i_q = 0$ 이 요구되기 때문에, i_q 전류제어기에서는 $i_q^* = 0$ 으로 제어를 하게 된다.

다. 따라서, 입력단으로 공급되는 전력 P를 구해보면 다음과 같다.

$$P=3/2(e_d i_d+e_q i_q)=3/2 E i_d$$

상기 식에서 알 수 있듯이 입력전력은 i_d 전류에 직접적으로 비례함을 알 수 있다. 따라서, 직류전압을 제어하기 위해서는 도 4에 도시한 바와 같이, 전압제어기(비례적분제어기)(301)에서는 직류전압명령치 v_{dc}^* 와 직류전압치 v_{dc} 의 차를 비례적분하여 i_d 전류명령치 i_d^* 를 만들게 된다.

그리고, 상기 수학적식 4에 동기좌표계에서의 입력전압 $e_d=E, e_q=0$ 를 대입하면, 다음과 같이 되고, 이 두식을 연산하면 직류전수학적식 5와 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} E &= L di_d/dt - \omega L i_q + v_d \\ 0 &= L di_q/dt + \omega L i_d + v_q \end{aligned}$$

$$v_d = \omega L i_q + E - L di_d/dt$$

상기 수학적식 5에서, $L di_d/dt$ 와 $L di_q/dt$ 항은 i_d 및 i_q 전류제어기(302,303)에서 추적하게 만들고, 상기 E 항은 입력전압으로 비례적분제어의 보다 빠른 안정성을 위하여 임의로 대입하는(feedforward control)값으로 한다. 따라서, $L di_d/dt = \Delta v_d$ 와 $L di_q/dt = \Delta v_q$ 라고 두면, $v_d = \omega L i_q + E + \Delta v_d, v_q = -\omega L i_d + \Delta v_q$ 로 된다.

여기서, 비례적분제어기가 $L di_d/dt = \Delta v_d, L di_q/dt = \Delta v_q$ 에 의해서 Δv_d 와 Δv_q 를 구한다.

상기 식을 정확하게 추적하게 되면, 입력전류를 전압에 관련한 정현파형으로 하여 단위역률을 구현할 수 있게 된다.

이때, 본 발명에서는 상기 동기좌표 변화에 사용되는 입력전압의 위상각을 외부의 하드웨어적인 직접검출없이 사용할 수 있게 하였다.

즉, 상술한 바와 같이, 입력상전압분과 입력전류분을 검출하여, 라인의 리액터(112)에서의 감압분을 보상하여, 정류기의 전압을 입력과 리액터의 감압분과 벡터합분을 정류기에서 만들면, 라인전류의 제어가 가능하게 된다. 그런데, 이는 입력전압의 위상을 정확하게 알 수 있는 상태에서 가능하다.

이를 위해, 본 발명에서는 임의 동기좌표축으로 입력전압을 좌표변환하여 정류기 입력전압을 만들면, 전류제어가 되지 않고, i_q 가 동위상에서는 0이 여야 하는데 위상차를 가지면 i_q 가 값을 갖는다. 따라서, 이 값이 0이 되는 방향으로 위상각을 추적하게 되면, 그것이 동위상을 가지는 위상각이 된다. 이러한 방식으로 본 발명에서는 상기 위상각을 알아내는 것이다. 이를 수식으로 설명하면, 도 7에 도시한 바와 같이, 실제 위상각을 나타내는 d-q축과 임의로 정한 d-q축의 오차각이 발생한다고 하면, 그 오차각은 수학적식 6과 같이 표현된다.

$$\Delta \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta v_q}{E + \Delta v_d}$$

상기 수학적식 6과 같이, 발생된 오차각 $\Delta \theta$ 는 실제위상각을 추적하는데서 발생하는 오차값이므로, 이 값을 도 4에 도시한 바와 같이 주파수제어기(304)에서 적분하여 가면 위상각을 계산할 수 있고, 이 위상각을 동기좌표변환하여 전류를 제어하는데 이용하고, 여기서 발생하는 오차각을 다시 적분하는 방식으로 위상을 추적한다.

따라서, 본 발명에 따른 3상 정류장치는 도 8에 도시한 바와 같이, 시스템이 초기화되고, 전원스위치가 온되면(s801, s802), 도 2에서 주전력회로(10) → 직류전압/입력전류검출부(20) → 제어부(30) → 스위칭구동부(40) → 주전력회로(10)로 이루어지는 전류제어루프가 연결된다(s803).

이에, 상기 직류전압/입력전류검출부(20)에 의해서 소정 범위의 신호로 변화되어 제어부(30)로 입력된 직류전압(V_{dc})은 디지털변환되어 내부의 메모리에 기억되고(s804), 도 4의 전압제어기(301)가 동작하여 검출된 직류전압(v_{dc})와 설정치와의 차를 비례적분연산하여 전류명령치를 산출하고, 이는 내부 메모리에 기억된다. 상기 동작은 전원이 오프될때까지 계속 반복된다.

그리고, 이와 함께, 전류제어인터럽트시마다, 다음과 같이 PWM 제어신호를 연산하여 출력하는데, 상기 전류제어인터럽트는 도 9에 도시한 바와 같이, 소정 주기, 예를 들어, 100 μ s마다 발생한다. 이렇게, 전류제어인터럽트가 발생하면, 먼저, 상기 직류전압/입력전류검출부(20)로부터 입력되는 검출상전류 i_a, i_b, i_c 값을 디지털데이트로 변환한다(s807). 그 다음 상기 메모리에 기억된 예측각도(θ)를 읽어들여, 동기좌표변환부(306)에서 상기 입력순시상전류(i_a, i_b, i_c)을 d-q좌표계로 변환하여, i_d, i_q 를 구한다(s808).

또한, d,q각각의 전류제어기(302,303)가 동작하여 PI제어를 행한다(s809).

그리고, 상기 전류제어기(302, 303)에서 계산된 Δv_d 에 상기 검출되어 메모리에 저장된 직류전압 E를 더한 값과, Δv_q 를 입력받아, 상기 수학적식 6과 같이 연산하여 오차각($\Delta \theta$)을 계산하고, 주파수제어기(304)를 통해 PI제어연산한다(s810).

그 다음, 상기 오차각($\Delta \theta$)을 감안하여 공간벡터변조부(305)에서 공간벡터변조연산을 행한다(s811). 그리고, 이렇게 계산된 PWM값(Q1~Q6)을 스위칭구동부(40)로 출력한다(s812).

발명의 효과

본 발명에 의하면, 상술한 바와 같이, 동기신호를 소프트웨어적으로 예측함으로써, 동기신호를 구하기 위한 하드웨어적인 장치, 즉, 입력전압검출기가 불필요해지고, 이로써, 저가격, 고내구성 동기센스를 사용하지 않은 3상 PWM 정류기를 구현할 수 있는 우수한 효과가 있는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

교류대 직류 변환의 강전을 수행하는 주전력회로와,

상기 주전력회로의 입력전류, 직류전압을 검출하여 설정된 범위의 전압신호로 변환하여 인가하는 직류 전압/입력전류검출부와,

입력상전류를 임의의 동기좌표(d,q)로 변환하여 정류기 입력전압(Δv_d , Δv_q)을 산출하고 상기

입력전압(Δv_d , Δv_q) 및 검출된 직류전압(E)을
$$\Delta \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta v_q}{E + \Delta v_d}$$
 로 연산하여, 임의 동기좌표와 실제 동기좌표(d, q)와의 오차각($\Delta \theta$)을 구하고, 이를 적분하여 구해진 위상각으로 동기좌표변환 및 공간벡터변조를 행하여 주전력회로의 스위칭신호(약전신호)를 만들어 직류전압을 제어하는 제어부와,

상기 제어부에서 만들어진 약전스위칭신호를 절연 증폭시켜 주전력회로의 전력스위칭소자를 구동시키는 스위치구동부와,

상기 각 장치에 전원을 공급하는 전원공급부로 구성되는 것을 특징으로 하는 3상 펄스폭변조 정류장치.

청구항 2

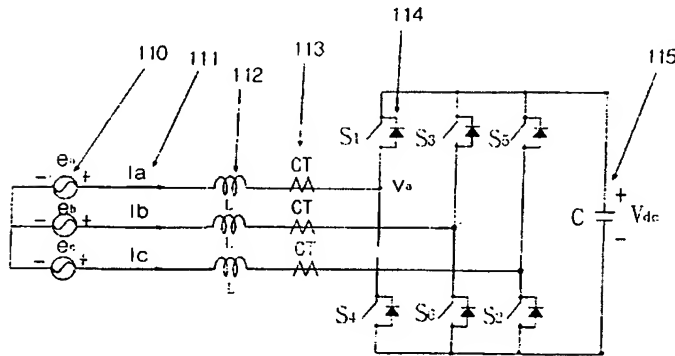
3상교류전원으로부터 입력된 입력전류(i_a , i_b , i_c)를 소정 직류전압으로 정류하는 주전력회로의 직류전압을 제어하는 3상 펄스폭변조 정류방법에 있어서,

입력상전류를 임의의 동기좌표(d,q)로 변환하여 정류기 입력전압(Δv_d , Δv_q)을 산출하고 상기

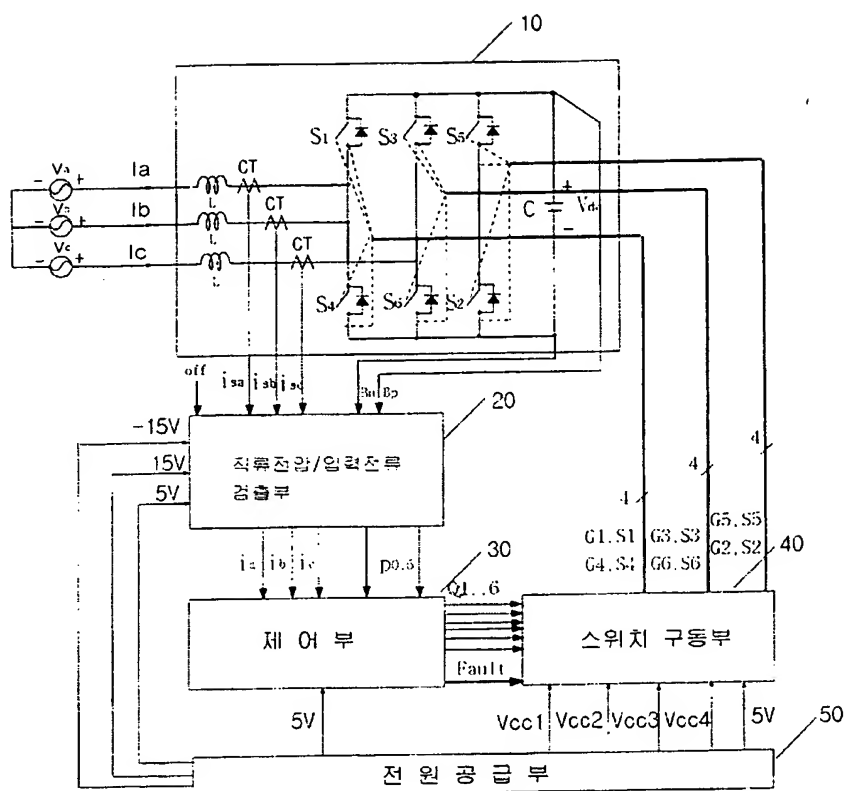
입력전압(Δv_d , Δv_q) 및 검출된 직류전압(E)을
$$\Delta \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta v_q}{E + \Delta v_d}$$
 로 연산하여, 임의 동기좌표와 실제 동기좌표(d, q)와의 오차각($\Delta \theta$)을 구하고, 이를 적분하여 입력위상을 추적하고, 이렇게 추적된 위상을 이용하여 동기좌표변환 및 공간벡터변조를 행하여 주전력회로의 스위칭신호(약전신호)를 만드는 것을 특징으로 하는 3상 펄스폭변조 정류 방법.

도면

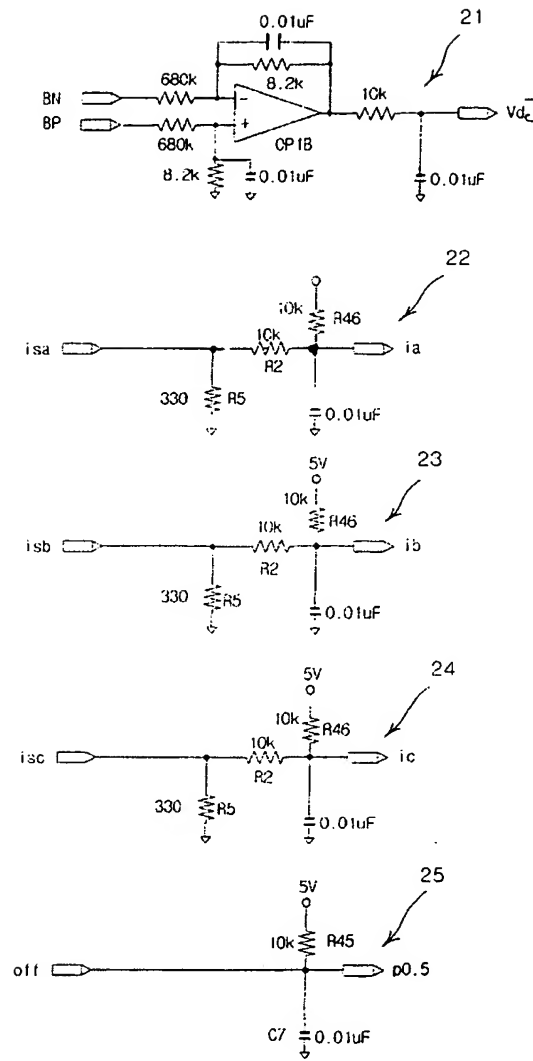
도면1



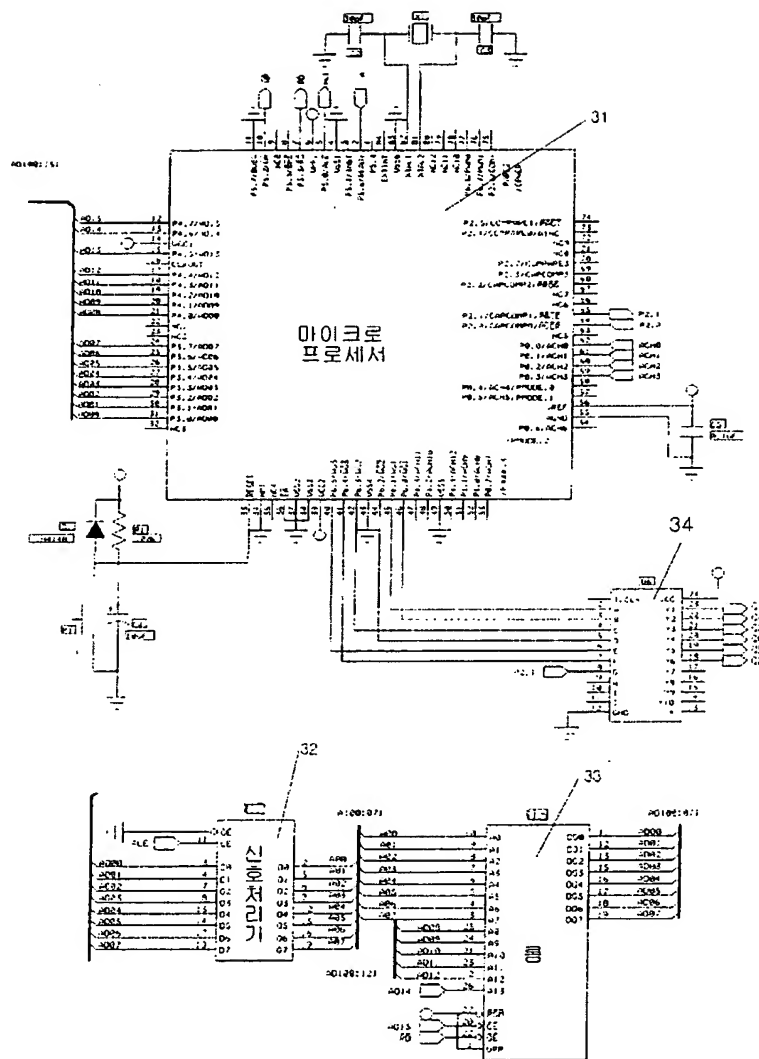
592



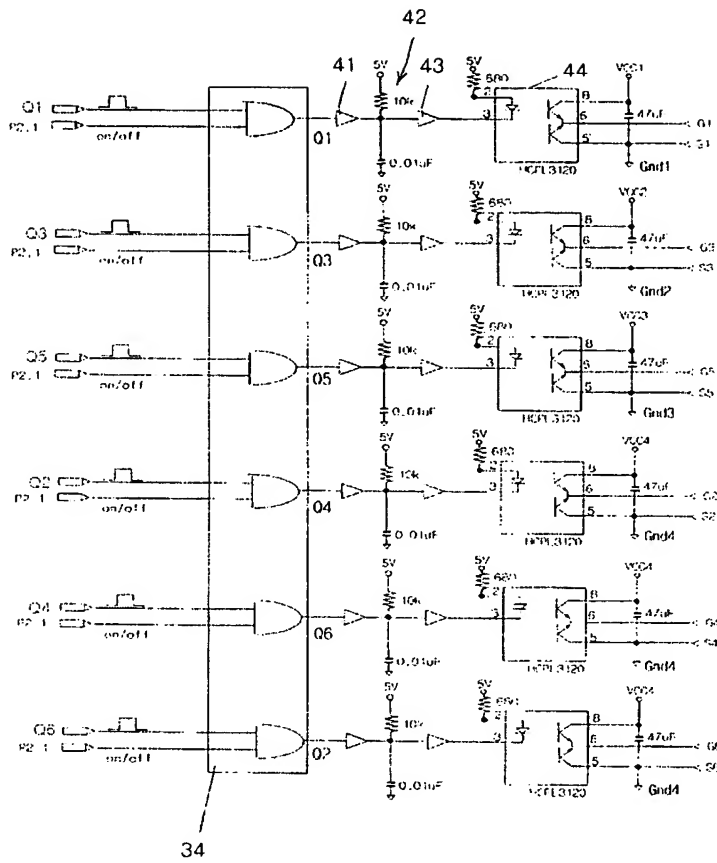
도면3a



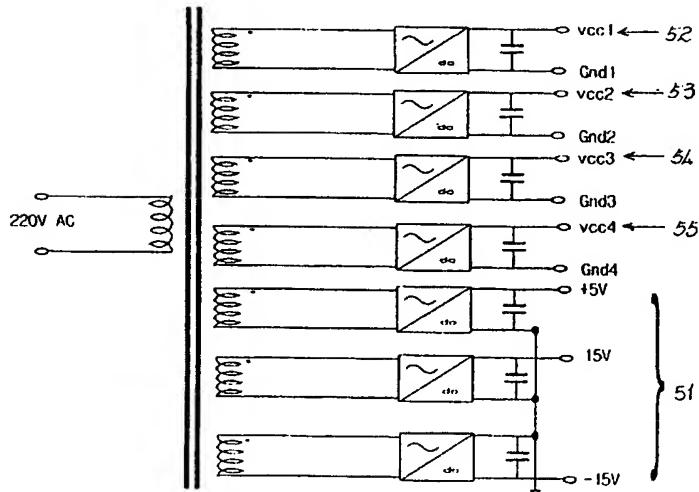
도면 3b



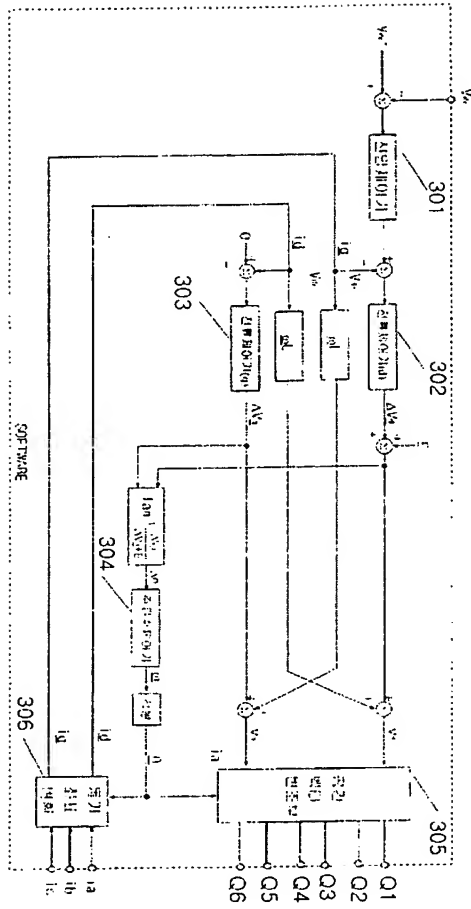
도면3c



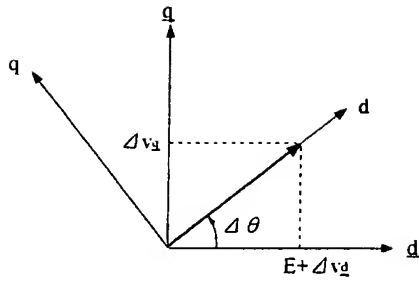
도면3d



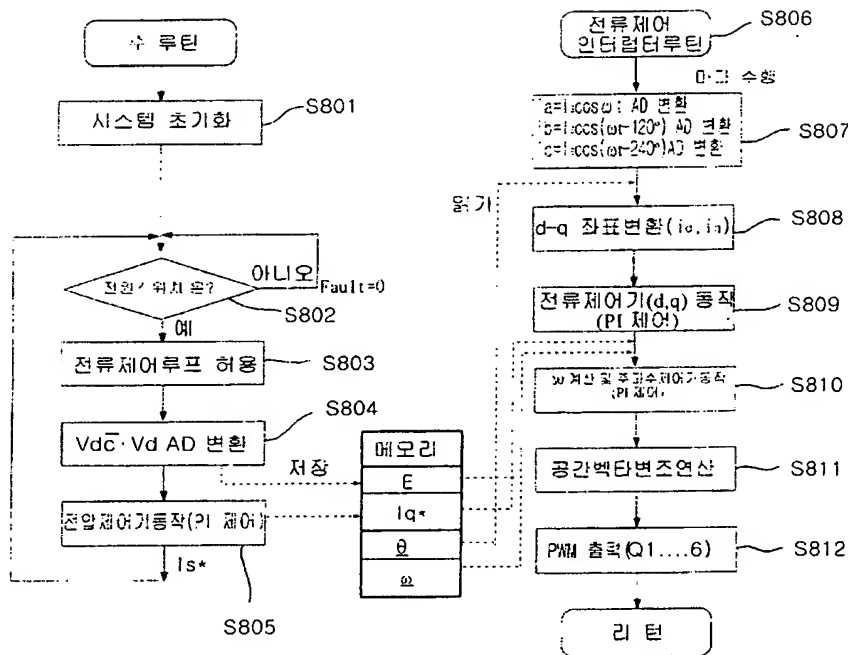
도면4



도면7



도면8



도면9

